

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-074340

(43)Date of publication of application : 17.03.1995

(51)Int.Cl.

H01L 27/148

H04N 5/335

H04N 9/07

(21)Application number : 05-217667

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 01.09.1993

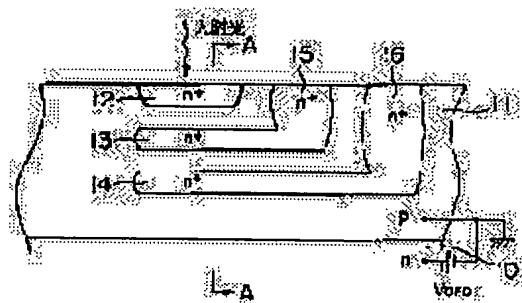
(72)Inventor : SEKINE KOICHI

## (54) SOLID-STATE IMAGE SENSING DEVICE

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a solid-state image sensing device enhanced in resolution and sensitivity.

**CONSTITUTION:** A solid-state image sensing device is equipped with photosensitive regions 12, 13, and 14 where signal charge photoelectrically converted on the surface of a P-type semiconductor substrate is stored and a charge transfer register which reads out signal charge stored in the photosensitive regions 12, 13, and 14, wherein the regions 12, 13, and 14 are provided to a semiconductor substrate 10 at different depths from its surface as electrically isolated from each other, and signal charges generated and stored in the photosensitive regions 12, 13, and 14 are separately read out through the charge transfer register.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3220302

[Date of registration]

10.08.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-74340

(43) 公開日 平成7年(1995)3月17日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 27/148

H 0 4 N 5/335

9/07

U

A

7210-4M

H 0 1 L 27/ 14

B

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平5-217667

(22) 出願日

平成5年(1993)9月1日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 関 根 弘 一

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝堀川町工場内

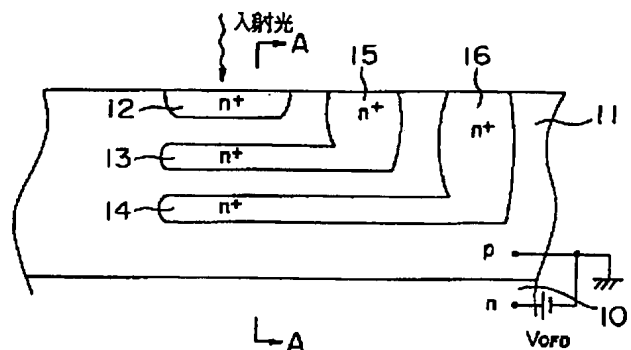
(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置

(57) 【要約】

【目的】 解像度及び感度が向上した固体撮像装置を提供する。

【構成】 p型半導体基板の表面側に光電変換し発生した信号電荷を蓄積する複数の感光領域12、13、14と、記感光領域12、13、14で蓄積された信号電荷を読み出す電荷転送レジスタとを有し、感光領域12、13、14は、半導体基板10の表面からそれぞれ異なる深さに電氣的に分離された状態で設けられており、感光領域12、13、14で発生し蓄積された信号電荷はそれぞれ独立して電荷転送レジスタにより読み出される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】半導体基板の表面部分に光電変換し発生した信号電荷を蓄積する複数の感光領域と、前記感光領域で蓄積された信号電荷を読み出す電荷転送レジスタとを有する固体撮像装置において、

前記感光領域は、前記半導体基板の表面からそれぞれ異なる深さに電氣的に分離された状態で設けられており、前記感光領域で発生し蓄積された前記信号電荷はそれぞれ独立して前記電荷転送レジスタにより読み出されることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】前記電荷転送レジスタにより読み出された前記信号電荷を処理し、カラー信号を出力する手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 3】前記感光領域は、前記半導体基板の表面からそれぞれ異なる深さに前記感光領域とは異なる導電型の異なる不純物領域を介してそれぞれ電氣的に分離された状態で設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の固体撮像装置。

【請求項 4】前記感光領域は、前記半導体基板の表面からそれぞれ異なる深さに絶縁膜を介してそれぞれ電氣的に分離された状態で設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の固体撮像装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は固体撮像装置に係わり、特にカラー信号を取り出すための固体撮像装置に好適なものに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の固体撮像装置の平面上の構成を図 13 に示す。

【0003】感光領域 23 に光が入射すると光電変換されて信号電荷が発生し、蓄積される。この蓄積された信号電荷は、制御ゲート 22 によって転送を制御されて電荷転送シフトレジスタ 28 に転送される。電荷転送シフトレジスタ 28 に転送された信号電荷は、図中左方向へ順次転送されていき、端部に設けられた出力回路 31 によって信号電荷が信号出力に変換される。

【0004】次に、図 13 の感光領域 23 における B-B 線に沿う縦断面構造を図 14 に示す。n 型半導体基板 41 上に p 型不純物領域 42 が形成されている。この p 型不純物領域 42 の表面部分には、離散的に n 型不純物領域から成る画素領域 43 が形成されている。

【0005】この画素領域 43 はフォトダイオードとして機能するもので、光が画素領域 43 に入射すると光電変換が行われ信号電荷が発生して蓄積する。画素領域 43 の間は、高濃度の p 型不純物領域から成る p 型チャネルストップ領域 44 によって電氣的に分離されている。

【0006】画素領域 43 及び p 型チャネルストップ領域 44 の表面上には絶縁膜 45 が形成され、絶縁膜 45

上には光シールド膜 46 が設けられている。この光シールド膜 46 は p 型チャネルストップ領域 44 上に位置し、画素領域 43 上は除去されて光が入射できる状態にある。

【0007】光シールド膜 46 上は保護膜 47 が形成されて表面が保護された状態になっており、この保護膜 47 上には色フィルタ 48 が形成されている。色フィルタ 48 は画素領域 43 に対応して 3 原色の赤 (R)、緑 (G)、青 (B) のいずれかが割り当てられた状態で形成されている。これにより、3 原色のいずれか一つの色の成分のみが通過して画素領域 43 に入射される。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】このような構成を備えた従来の固体撮像装置には、次のような問題があった。

【0009】上述のように、画素領域 43 上には 3 種類の色フィルタのうちいずれか 1 つずつが設けられているため、3 つの画素領域 43 で 1 つの色を再現することになる。

【0010】一般に、輝度信号成分としては緑色の比率が高い。しかし、3 つの画素領域 43 毎に緑色のフィルタが用いられる画素領域 43 は 1 つしかない。解像度を高めようとして画素数を増やすと、画素領域 43 の面積が縮小され、また緑色に対応した画素領域 43 が 3 分の 1 しか存在しないため、感度の低下を招いていた。

【0011】また、各画素領域 43 には色フィルタを通過した 1 色のみの光成分が通過して照射される。従って、他の 2 色の光成分は色フィルタにより吸収された状態にあり、感度の低下につながっていた。

【0012】次に、図 15 に光が色フィルタ 48 を通過して画素領域 43 近傍において信号電荷が発生した場合の信号電荷の動きを示す。赤色のフィルタを光が通過すると、半導体基板 41 の深部まで到達して信号電荷 51 が発生する。この信号電荷 51 は、空乏層の内部で発生した場合には電位に沿って矢印 X のように画素領域 43 に流入し、あるいは矢印 Y のように n 型半導体基板 41 内に流入する。

【0013】ところが、空乏層の外部で発生した信号電荷の一部は、矢印 Z で点線により示されたように隣接する画素領域 43 に流入する。このような現象が発生すると、解像度が劣化する。

【0014】上述のように、従来の固体撮像装置にはカラー化に伴って感度や解像度が低下するという問題があった。

【0015】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、解像度及び感度を向上させることのできる固体撮像装置を提供することを目的とする。

## 【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の固体撮像装置は、半導体基板の表面部分に光電変換し発生した信号電荷を蓄積する複数の感光領域と、前記感光領域で蓄積さ

れた信号電荷を読み出す電荷転送レジスタとを有し、前記感光領域は、前記半導体基板の表面からそれぞれ異なる深さに電気的に分離された状態で設けられており、前記感光領域で発生し蓄積された前記信号電荷はそれぞれ独立して前記電荷転送レジスタにより読み出されることを特徴としている。

【0017】

【作用】入射した光の波長に応じて、信号電荷が発生するときの半導体基板からの深さ方向の位置が異なる。これにより、異なる深さに設けられた複数の画素領域において発生した信号電荷を読み出すことで、色成分を分離することができる。従来のように各画素領域毎に3原色のうちのいずれか1つずつの色フィルタを設けて色分離を行う場合には、感度や解像度の低下が生じるが、本発明によれば1つの画素で全ての色を分離し読み出すことができるため、感度及び解像度とも向上する。

【0018】

【実施例】以下、本発明の一実施例について図面を参照して説明する。

【0019】図1に、本実施例による固体撮像装置における1つの画素領域での縦断面構造を示す。n型半導体基板10上のp型不純物領域内において、表面から異なる深さにn<sup>+</sup>型不純物領域からなる画素領域12、13及び14が設けられている。このうち、深い領域に設け\*

$$I(x) = I_0 \exp(-\alpha \cdot x)$$

但し、 $I_0 = I(0)$ とする。図3では、 $I_0 = 1$ としている。

【0024】さらに、基板表面から深さX(μm)までにおいて発生する信号電荷量G(X, λ)と、入射光の※30

$$G(x, \lambda) \propto \lambda [1 - \exp(-\alpha \cdot x)]$$

この数式(2)に具体的な数値を用いて計算を行った結果を図4に示す。ここで、曲線4a~4fは、それぞれ表面からの深さが0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0のときの特性を示している。

【0026】吸収係数αは、入射光の波長により変わり、図4の計算は半導体基板材料としてシリコンを用い場合につき行っており、以下の計算も同様にシリコンを用いた場合である。

【0027】この図4より、基板表面からの深さXによって分光特性が異なり、深さXが深くなるにつれて長波長成分の感度が高くなっていくことがわかる。

【0028】次に、図1のA-A線に沿う縦断面におけ

\*られた画素領域13及び14は、信号電荷を読み出すために表面にそれぞれ設けられたn<sup>+</sup>型不純物領域15及び16に連結されている。

【0020】本実施例では、分光感度特性の相違を利用して深さの異なる領域に設けられた画素領域12、13及び14において発生した信号電荷をそれぞれ独立して読み出す点に特徴がある。読み出された信号電荷は、装置外部又は装置に内蔵された信号処理回路により信号処理が施されてカラー信号が得られる。

10 【0021】次に、光強度と半導体基板における深さ方向の減衰曲線との関係を図3に示す。ここで、曲線3a~3fはそれぞれ波長が0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9(μm)の光が、表面からの深さに応じて電荷発生率がどのように変化するかを示している。この図3から明らかなように、波長によって深さと信号電荷の発生率との関係が異なっている。短波長成分は表面側において信号電荷が多く発生し、長波長成分は深部において多く信号電荷が発生する。

20 【0022】ここで、半導体基板表面からの深さをX、吸収係数をα、深さXにおける強度をI(X)とすると、以下の(1)式のような関係が成立する。

【0023】

【数1】

...(1)

※波長λとの依存性は、次の(2)式のような関係にある。

【0025】

【数2】

...(2)

る電位井戸の分布を図2に示す。画素領域12、13及び14の間はp型不純物領域11により絶縁されており、パンチスルー状態ではこの図2に示されたような電位井戸となる。

40 【0029】表面から電位井戸の極小値までの深さをそれぞれX<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>とすると、上式(2)を用いて、画素領域12、13及び14のそれぞれの分光感度特性は、それぞれ次の式(3)、(4)及び(5)のように表される。

【0030】

【数3】

$$G(x_1, \lambda) \propto \lambda [1 - \exp(-\alpha \cdot x_1)] \quad \dots (3)$$

$$G(x_2, \lambda) - G(x_1, \lambda) \propto \lambda [\exp(-\alpha \cdot x_1) - \exp(-\alpha \cdot x_2)] \quad \dots (4)$$

$$G(x_3, \lambda) - G(x_2, \lambda) \propto \lambda [\exp(-\alpha \cdot x_2) - \exp(-\alpha \cdot x_3)] \quad \dots (5)$$

上式(3)～(5)に具体的な数値を用いて計算した結果を、図5及び図6のグラフに示す。

【0031】図5では、数値として $X1 = 0.5 \mu m$  (曲線5a),  $X2 = 3.0 \mu m$  (曲線5b),  $X3 = 8.0 \mu m$  (曲線5c)を用いており、図6では $X1 = 1.0 \mu m$  (曲線6a),  $X2 = 4.0 \mu m$  (曲線6b),  $X3 = 8.0 \mu m$  (曲線6c)を用いている。

【0032】図6における条件で画素領域12、13及び14から読み出された信号電荷に信号処理を行い、得られたカラー信号の分光特性を図7に示す。ここで、曲線7aは青色信号、7bは緑色信号、さらに7cは赤色信号を示している。

【0033】この図5～図7から明らかなように、光の波長に応じて分光特性が異なり、本実施例ではこの特性の差を用いて異なる深さに設けた画素領域から信号電荷を読み出している。

【0034】図1に、本実施例における固体撮像装置の画素領域の縦断面構造を示したが、次に本装置の平面構造を図8に示す。さらに、図8におけるB-B線に沿う縦断面を図9に示す。画素領域12、13及び14は、図1に示されたように深さの異なる3層の $n^+$ 型不純物領域から成っている。画素領域12、13及び14は、それぞれ青色、緑色及び赤色の信号電荷を発生し読み出す領域であって、不純物領域24、15及び16に連結されている。そして、不純物領域24、16から読み出された信号電荷は制御ゲート22及び29を介して電荷転送シフトレジスタ21へ転送され、不純物領域15から読み出された信号電荷は制御ゲート27を介して電荷転送シフトレジスタ28へ転送される。

【0035】図10に、不純物領域24、16と制御ゲート22との間、さらに図示されていない不純物領域1\*

$$G(x_1, \lambda) \propto \lambda [1 - \exp(-\alpha \cdot x_1)] \quad \dots (6)$$

$$G(x_2, \lambda) - G(x'_1, \lambda) \propto \lambda [\exp(-\alpha \cdot x'_1) - \exp(-\alpha \cdot x_2 \cdot \lambda)] \quad \dots (7)$$

$$G(x_3, \lambda) - G(x'_2, \lambda) \propto \lambda [\exp(-\alpha \cdot x'_2) - \exp(-\alpha \cdot x_3 \cdot \lambda)] \quad \dots (8)$$

上述のように、本実施例によれば平面的に同一場所であって深さの異なる領域に複数の画素領域が形成されてい

\* 5と制御ゲート27との間の領域に、バリアゲート51と蓄積ゲート52とを設けた場合の縦断面構造を示す。このような構造の場合には、制御ゲート22を開いたときに電荷転送シフトレジスタ21へ電荷を転送する距離を短縮して残像特性を改善することができる。

【0036】図1に示された縦断面構造では、 $n^+$ 型不純物領域12、13及び14はp型不純物領域11によって電氣的に分離されている。このような構造を得る方法としては、例えば高加速イオン注入装置を用いてMeVオーダーでイオン注入を行ってもよい。具体的には、シリコン基板にボロンイオンを約3MeVの加速電圧で注入すると、表面より約 $4 \mu m$ の深さにピーク濃度が来る不純物領域が形成される。

【0037】図11に示されたように、画素領域となる $n^+$ 型不純物領域52、53及び54の間がシリコン酸化膜55及び56で分離されている。ここで、シリコン酸化膜55及び56は、酸素をイオン注入により半導体基板表面から所望の深さに打ち込んで形成することができる。イオン注入は、レジスト膜等で所望の領域以外の部分をマスクしておくことで、選択的に行うことができる。

【0038】図11におけるシリコン酸化膜55及び56を用いた場合の電位井戸分布を図12に示す。逆導電型不純物領域で分離している場合とは異なり、このシリコン酸化膜55及び56の内部では光を吸収して信号電荷を発生することがない。このときの感光領域52、53及び54の分光感度特性は、以下の式(6)～(8)に示されるようである。

【0039】

【数4】

る。従来のように平面的に異なる場所に形成した複数の画素領域を組にして1つの色を再現する装置とは異な

り、解像度を劣化させることなく多画素化を実現することができる。

【0040】具体的には、従来は上述したように原色色フィルタを用いた場合は、赤、緑及び青の3種類の色フィルタに対応して3つの画素領域を平面的に並べる必要があった。これに対し、本発明では平面的に1ヶ所の領域に複数の画素領域を形成しているため、従来の装置の\*

$$G(x_g, \lambda) \propto 1 \cdot [1 - \exp(-\alpha \cdot x_g)] \quad \dots(9)$$

この式(9)に示された分光特性は、色フィルタを用いないときと同じである。

【0043】さらに、色フィルタを用いた従来の装置では色の3原色に相当する光が、それぞれ1つずつの画素領域にのみ照射され、他の色の成分は吸収される。しかし、本実施例では色フィルタを用いないため吸収されず、感度特性が従来の場合の約3倍に向上する。

【0044】また、従来は図15を用いて説明したように、半導体基板41深く発生した信号電荷が隣接する画素領域に漏れ込んで解像度が劣化していた。これに対し、本実施例では3層構造で画素領域を形成し信号電荷を検出するため、信号電荷の漏れ込みはなく解像度が向上する。

【0045】上述した実施例はいずれも一例であり、本発明を限定するものではない。例えば、本実施例では感光領域12、13及び14と電荷転送レジスタ21及び28との間に、それぞれ不純物領域24、25及び26を備えている。しかし、感光領域から電荷転送レジスタへ信号電荷が転送され得る構成であれば、不純物領域は必ずしも必要なものではない。

【0046】また、実施例における導電型を全て反転したものであっても本発明の適用が可能である。

【0047】さらに、実施例の説明はシリコンを半導体基板として用いる場合につき行なっているが、本発明は別の半導体材料についても適用できる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように本発明の固体撮像装置によれば、異なる深さに設けられた複数の画素領域においてそれぞれ発生した信号電荷を読み出して色成分を分離するため、従来のように色フィルタを設けて複数の画素を組み合わせたと異なり、画素数を増加させて解像度を向上させることができ、また信号電荷が他の画素領域に漏れることなく感度が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による固体撮像装置の断面構造を示した縦断面図。

【図2】同固体撮像装置の電位井戸の分布を示した説明図。

\* 3倍の画素数を得ることができる。

【0041】図1に示された実施例における分光特性は、基板表面からの深さX3までに発生した電荷量の総和になる。式(3)～(5)を用いることで、この場合における分光特性は、次の式(9)のようである。

【0042】

【数5】

【図3】基板表面からの深さと信号電荷の発生率との関係を示した説明図。

【図4】光の波長と信号電荷の発生率との関係を示した説明図。

【図5】本発明の一実施例による固体撮像装置において具体的な数値を用いて計算して得られた分光感度特性を示した説明図。

【図6】本発明の一実施例による固体撮像装置において他の具体的な数値を用いて計算して得られた分光感度特性を示した説明図。

【図7】同固体撮像装置により信号を処理して得られた原色信号の特性を示した説明図。

【図8】本発明の一実施例による固体撮像装置の平面構造を示した説明図。

【図9】図8におけるW-W線に沿う断面構造を示した縦断面図。

【図10】本発明の他の実施例による固体撮像装置の縦断面構造を示した縦断面図。

【図11】本発明のさらに他の実施例による固体撮像装置の縦断面構造を示した縦断面図。

【図12】同固体撮像装置の電位井戸の分布を示した説明図。

【図13】従来の固体撮像装置の平面構造を示した平面図。

【図14】同固体撮像装置におけるB-B線に沿う断面構造を示した縦断面図。

【図15】同固体撮像装置における信号電荷の動きを示した縦断面図。

【符号の説明】

10 n型半導体基板

11 p型不純物領域

12～16, 52～54 n<sup>+</sup>型不純物領域

21, 28 電荷転送シフトレジスタ

22, 27, 29 制御ゲート

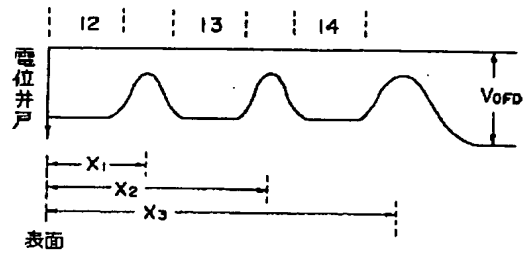
24, 25, 27 画素領域

51 蓄積ゲート

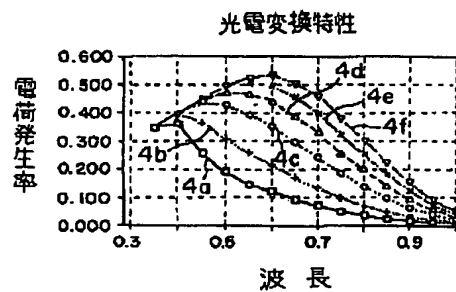
52 バリアゲート

55, 56 シリコン酸化膜

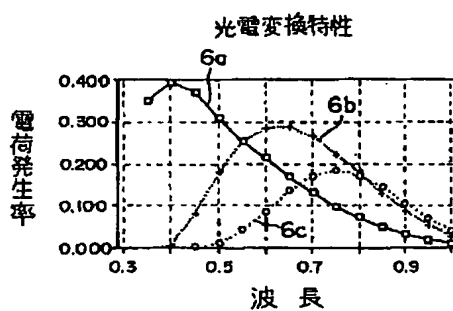
【図 2】



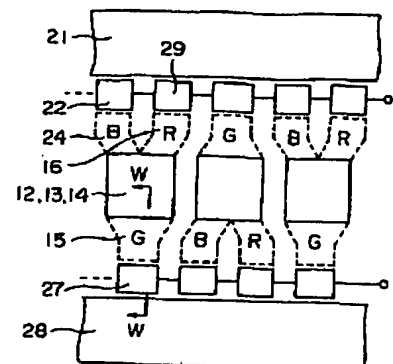
【図 4】



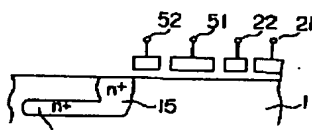
【図 6】



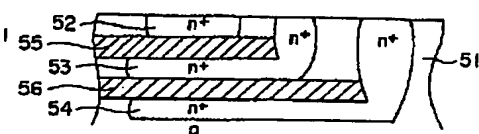
【图8】



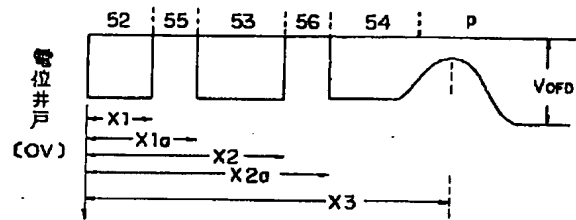
【図 10】



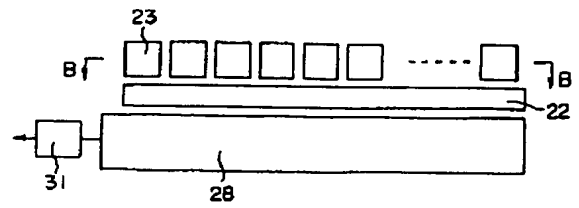
【图 1 1】



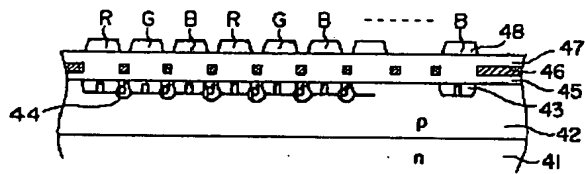
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

